

KESAN RESIN PEMELEKAT TERHADAP SIFAT-SIFAT PEREKAT UNTUK GETAH ASLI TEREPOKSIDA

oleh

SYED ZHAFER FIRDAUS BIN SYED PUTRA

**Tesis yang diserahkan untuk
memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sains**

Julai 2011

PENGHARGAAN

Segala puji bagi Allah, dengan limpah dan kurniaNya saya berjaya menyiapkan kajian dan tesis ini.

Ucapan penghargaan dan terima kasih yang terutama saya tujukan khas buat penyelia saya, Professor Madya Dr. Poh Beng Teik untuk segala tunjuk ajar, bimbingan, nasihat, semangat yang diberikan dan kesabaran beliau dalam menyelia saya.

Ucapan penghargaan dan terima kasih saya tujukan buat ibu, ayah dan adik-adik atas segala sokongan, dorongan semangat dan kesabaran yang diberikan sepanjang masa saya menyiapkan kajian ini.

Penghargaan dan terima kasih yang istimewa pada semua pegawai sains dan pembantu makmal terutamanya Encik Ahmad, Puan Aida dan Encik Shamsul di atas segala kerjasama, bimbingan dan kesabaran yang diberikan.

Penghargaan dan terima kasih buat senior dan rakan-rakan seperjuangan; Kak Azni, Kak Yanti, Kak Zulia, Azlina dan Hidayah di atas segala nasihat, bimbingan, tunjuk ajar dan pertolongan yang diberikan.

Penghargaan dan terima kasih yang teristimewa kepada Hizrian Nazeefah yang tanpa jemu sentiasa memberi sokongan dan dorongan sepanjang saya menyiapkan kajian ini.

Penghargaan dan terima kasih juga kepada USM terutamanya pihak PPTI dan IPS serta kepada semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam kajian ini. Semoga Allah membalas segala kebaikan yang telah diberikan.

KANDUNGAN

PENGHARGAAN	ii
SENARAI JADUAL	viii
SENARAI RAJAH	ix
SENARAI SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvii
1.0 PENGENALAN DAN TINJAUAN LITERATUR	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Penyataan masalah	3
1.3 Objektif kajian	4
1.4 Perekat peka tekanan	4
1.4.1 Komposisi perekat peka tekanan	6
1.4.1.1 Elastomer	6
1.4.1.1.1 Getah asli	7
1.4.1.1.2 Getah sintetik	8
1.4.1.1.3 Akrilik	9
1.4.1.1.4 Silikon	10
1.4.1.2 Resin pemelekat	11
1.4.1.3 Aditif	12
1.5 Sifat-sifat rekatan perekat peka tekanan	13
1.5.1 Kekuatan lekatan	13
1.5.2 Kekuatan kupasan	14

1.5.3	Rintangan terhadap ricihan	15
1.6	Teori perekatan	16
1.6.1	Teori mekanikal	17
1.6.2	Teori jerapan	18
1.6.3	Teori elektrostatik	19
1.6.4	Teori penyebaran	20
1.6.5	Teori lapisan sempadan lemah	20
1.7	Getah asli sebagai bahan asas perekat	22
1.7.1	Getah asli <i>hevea brasiliensis</i>	23
1.7.2	Komposisi kimia getah asli	24
1.7.3	Sifat-sifat getah asli	25
1.8	Getah asli terepoksida (ENR)	26
1.8.1	Sifat-sifat ENR	28
1.8.2	Aplikasi ENR	30
1.8.3	Aplikasi ENR dalam perekat	32
1.9	Penambahan resin pemelekat	32
1.9.1	Kesesuaian resin pemelekat	33
1.9.2	Kepekatan resin pemelekat	34
1.9.3	Resin pemelekat	35
1.9.3.1	Resin kumaron-indena (CI)	35
1.9.3.2	Resin petro	36
1.9.3.3	Gam rosin	37
2.0	BAHAN DAN KAEDAH KAJIAN	38
2.1	Pengenalan	38

2.2	Bahan-bahan	38
2.2.1	Getah asli	38
2.2.2	Resin pemelekat	38
2.2.3	Toluena	39
2.2.4	Substrat	39
2.3	Kaedah eksperimen	39
2.3.1	Mastikasi	39
2.3.2	Penyediaan perekat	40
2.3.3	Persiapan substrat	44
2.3.4	Penglitupan perekat	45
2.3.5	Ujian	47
2.3.5.1	Ujian kelikatan	47
2.3.5.2	Ujian kekuatan lekatan	48
2.3.5.2.1	Ujian kekuatan lekatan gegelung	48
2.3.5.2.2	Ujian kekuatan lekatan golekkan bola	49
2.3.5.3	Ujian kekuatan kupasan	49
2.3.5.3.1	Ujian kekuatan kupasan T	50
2.3.5.3.2	Ujian kekuatan kupasan 90°	50
2.3.5.3.3	Ujian kekuatan kupasan 180°	51
2.3.5.4	Ujian kekuatan ricihan	51
3.0	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	53
3.1	Kelikatan perekat	53
3.1.1	Kesan penambahan dan campuran resin pemelekat terhadap kelikatan perekat	53

3.1.2	Kesan masa mastikasi terhadap kelikatan perekat	60
3.2	Kekuatan lekatan	62
3.2.1	Kesan penambahan dan campuran resin pemelekat terhadap kekuatan lekatan gegelung	63
3.2.2	Kesan ketebalan litupan terhadap kekuatan lekatan gegelung	70
3.2.3	Kesan masa mastikasi terhadap kekuatan lekatan gegelung	73
3.2.4	Kesan penambahan dan campuran resin pemelekat terhadap kekuatan lekatan golekkan bola	76
3.2.5	Kesan ketebalan litupan terhadap kekuatan lekatan golekkan bola	83
3.2.6	Kesan masa mastikasi terhadap kekuatan lekatan golekkan bola	85
3.3	Kekuatan kupasan	88
3.3.1	Kesan penambahan dan campuran resin pemelekat terhadap kekuatan kupasan	88
3.3.2	Kesan jenis ujian kupasan terhadap kekuatan kupasan	106
3.3.3	Kesan ketebalan litupan terhadap kekuatan kupasan	109
3.3.4	Kesan masa mastikasi terhadap kekuatan kupasan	111
3.4	Kekuatan ricihan	114
3.4.1	Kesan penambahan dan campuran resin pemelekat terhadap kekuatan ricihan	115
3.4.2	Kesan ketebalan litupan terhadap kekuatan ricihan	121
3.4.3	Kesan masa mastikasi terhadap kekuatan ricihan	123
4.0	RUMUSAN DAN KESIMPULAN	126

5.0	CADANGAN UNTUK KAJIAN LANJUTAN	129
------------	---------------------------------------	------------

6.0	RUJUKAN	130
------------	----------------	------------

APENDIKS

SENARAI JADUAL

Jadual 1.1	Spesifikasi ASTM untuk gred getah asli teknikal. Diambil daripada Barlow (1993)	24
Jadual 2.1	Formulasi perekat yang mengandungi resin petro sahaja (untuk satu jenis getah dan satu masa mastikat)	41
Jadual 2.2	Formulasi perekat yang mengandungi gam rosin sahaja (untuk satu jenis getah dan satu masa mastikat)	42
Jadual 2.3	Formulasi perekat untuk campuran resin petro dan resin CI (untuk satu jenis getah dan satu masa mastikat)	43
Jadual 2.4	Formulasi perekat untuk campuran gam rosin dan resin CI (untuk satu jenis getah dan satu masa mastikat)	44

SENARAI RAJAH

Rajah 1.1	Struktur kimia polikloroprena. Diambil daripada Miguel & Martin-Martinez (2005)	8
Rajah 1.2	Jenis ujian kupasan: (a) ujian kupasan 180°, (b) ujian kupasan 90°, (c) ujian kupasan dram dan (d) ujian kupasan T. Diambil daripada Kim et al. (2009)	15
Rajah 1.3	Gambaran pembasahan perekat (a) yang baik dan (b) kurang baik terhadap substrat. Diambil daripada Petrie (2000)	19
Rajah 1.4	Struktur kimia getah asli cis-1, 4-poliisoprena	25
Rajah 1.5	Struktur kimia ENR. Diambil daripada Barlow (1993)	27
Rajah 1.6	Mekanisma epoksidasi NR dengan asid peroksi. Diambil daripada Hashim et al. (2002)	28
Rajah 1.7	Struktur kimia resin kumaron-indena. Diambil daripada Saunders (1988)	36
Rajah 2.1	Spesimen untuk ujian kupasan T berdimensi 20 × 4 cm dengan kawasan litupan 10 × 4 cm	46
Rajah 2.2	Spesimen untuk ujian kupasan 90° berdimensi 15 × 7 cm (substrat bawah); 20 × 4 cm (substrat atas) dengan kawasan litupan 10 × 4 cm	46
Rajah 2.3	Spesimen untuk ujian kupasan 180° berdimensi 10 × 10 cm (substrat bawah); 20 × 4 cm (substrat atas) dengan kawasan litupan 10 × 4 cm	46
Rajah 2.4	Spesimen untuk ujian ricihan berdimensi 10 × 10 cm dengan kawasan litupan 10 × 4 cm	47

Rajah 2.5	Spesimen untuk ujian lekatan gegelung berdimensi 30×4 cm dengan kawasan litupan 4×4 cm	47
Rajah 3.1	Kesan kepekatan resin petro terhadap kelikatan perekat pada 10 minit masa mastikasi	55
Rajah 3.2	Kesan kepekatan gam rosin terhadap kelikatan perekat pada 10 minit masa mastikasi	56
Rajah 3.3	Kesan kepekatan resin petro dengan kandungan tetap 40 phr resin CI terhadap kelikatan perekat pada 10 minit masa mastikasi	58
Rajah 3.4	Kesan kepekatan gam rosin dengan kandungan tetap 40 phr resin CI terhadap kelikatan perekat pada 10 minit masa mastikasi	59
Rajah 3.5	Kesan masa mastikasi terhadap kelikatan perekat	62
Rajah 3.6	Kesan kepekatan resin petro terhadap kekuatan lekatan gegelung pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	66
Rajah 3.7	Kesan kepekatan gam rosin terhadap kekuatan lekatan gegelung pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	67
Rajah 3.8	Kesan kepekatan resin petro dengan kandungan tetap 40 phr resin CI terhadap kekuatan lekatan gegelung pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	68
Rajah 3.9	Kesan kepekatan gam rosin dengan kandungan tetap 40 phr resin CI terhadap kekuatan lekatan gegelung pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	69

Rajah 3.10	Kesan ketebalan litupan terhadap kekuatan lekatan gegelung pada 10 minit masa mastikasi	73
Rajah 3.11	Kesan masa mastikasi terhadap kekuatan lekatan gegelung pada 120 mikron ketebalan litupan	75
Rajah 3.12	Kesan kepekatan resin petro terhadap jarak golek bola pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	80
Rajah 3.13	Kesan kepekatan gam rosin terhadap jarak golek bola pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	81
Rajah 3.14	Kesan kepekatan resin petro dengan kandungan tetap 40 phr resin CI terhadap jarak golek bola pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	82
Rajah 3.15	Kesan kepekatan gam rosin dengan kandungan tetap 40 phr resin CI terhadap jarak golek bola pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	83
Rajah 3.16	Kesan ketebalan litupan terhadap jarak golek bola pada 10 minit masa mastikasi	85
Rajah 3.17	Kesan masa mastikasi terhadap jarak golek bola pada 120 mikron ketebalan litupan	87
Rajah 3.18	Kesan kepekatan resin petro terhadap kekuatan kupasan T pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	89
Rajah 3.19	Kesan kepekatan gam rosin terhadap kekuatan kupasan T pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	90
Rajah 3.20	Kesan kepekatan resin petro dengan kandungan tetap 40 phr resin CI terhadap kekuatan kupasan T pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	92

Rajah 3.21	Kesan kepekatan gam rosin dengan kandungan tetap 40 phr resin CI terhadap kekuatan kupasan T pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	93
Rajah 3.22	Kesan kepekatan resin petro terhadap kekuatan kupasan 90° pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	95
Rajah 3.23	Kesan kepekatan gam rosin terhadap kekuatan kupasan 90° pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	96
Rajah 3.24	Kesan kepekatan resin petro dengan kandungan tetap 40 phr resin CI terhadap kekuatan kupasan 90° pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	98
Rajah 3.25	Kesan kepekatan gam rosin dengan kandungan tetap 40 phr resin CI terhadap kekuatan kupasan 90° pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	99
Rajah 3.26	Kesan kepekatan resin petro terhadap kekuatan kupasan 180° pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	101
Rajah 3.27	Kesan kepekatan gam rosin terhadap kekuatan kupasan 180° pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	102
Rajah 3.28	Kesan kepekatan resin petro dengan kandungan tetap 40 phr resin CI terhadap kekuatan kupasan 180° pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	104
Rajah 3.29	Kesan kepekatan gam rosin dengan kandungan tetap 40 phr resin CI terhadap kekuatan kupasan 180° pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	105
Rajah 3.30	Kesan jenis ujian kupasan terhadap kekuatan kupasan pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	109

Rajah 3.31	Kesan ketebalan litupan terhadap kekuatan kupasan 90° pada 10 minit masa mastikasi	111
Rajah 3.32	Kesan masa mastikasi terhadap kekuatan kupasan 90° pada 120 mikron ketebalan litupan	114
Rajah 3.33	Kesan kepekatan resin petro terhadap kekuatan ricihan pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	118
Rajah 3.34	Kesan kepekatan gam rosin terhadap kekuatan ricihan pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	119
Rajah 3.35	Kesan kepekatan resin petro dengan kandungan tetap 40 phr resin CI terhadap kekuatan ricihan pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	120
Rajah 3.36	Kesan kepekatan gam rosin dengan kandungan tetap 40 phr resin CI terhadap kekuatan ricihan pada 10 minit masa mastikasi dan 120 mikron ketebalan litupan	121
Rajah 3.37	Kesan ketebalan litupan terhadap kekuatan ricihan pada 10 minit masa mastikasi	123
Rajah 3.38	Kesan masa mastikasi terhadap kekuatan ricihan pada 120 mikron ketebalan litupan	125

SENARAI SINGKATAN

ASTM	American Standard for Testing and Materials
AlCl_3	Aluminium klorida
BF_3	Boron florida
$\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}_2$	Asid trisiklik monokarboksilik
CI	Kumaron-indena
cP	Sentipoise
DCPD	Disiklopentadien
DSC	Kalorimetri pengimbasan pembezaan
ENR	Getah asli terepoksida
EVA	Etilena vinil asetat
g	Gram
mL	Mililiter
M_w	Berat molekul
PET	Polietilena tereftalat
phr	Bahagian perseratus bahagian getah
PMMA	Poli(metal metakrilat)
PVC	Polivinil klorida
SMR	Standard Malaysian Rubber
T_g	Suhu peralihan kaca
T_m	Suhu lebur
TVP	Vulkanan termoplastik
UV	Ultra ungu

KESAN RESIN PEMELEKAT TERHADAP SIFAT-SIFAT PEREKAT UNTUK GETAH ASLI TEREPOKSIDA

ABSTRAK

Kesan penambahan resin petro dan gam rosin serta pencampuran resin petro/resin CI dan gam rosin/resin CI terhadap sifat-sifat rekatan perekat berasaskan getah asli terepokside (ENR) 25 dan 50 telah dikaji. Kesan penambahan resin petro dan gam rosin serta pencampuran resin petro/resin CI dan gam rosin/resin CI terhadap sifat-sifat rekatan perekat berasaskan SMR L turut dikaji sebagai perbandingan dengan ENR. Kesan ketebalan litupan dan masa mastikasi terhadap sifat-sifat rekatan perekat juga dikaji. Didapati, kekuatan lekatan perekat berasaskan ENR meningkat dengan peningkatan kepekatan resin petro dan gam rosin. Kekuatan lekatan yang lebih tinggi diperhatikan bagi perekat yang mengandungi campuran resin petro/resin CI dan gam rosin/resin CI. Perekat berasaskan ENR 25/resin petro/resin CI menunjukkan kekuatan lekatan yang paling tinggi. Kekuatan kupasan T, 90° dan 180° meningkat sehingga nilai maksimum pada kepekatan 40 phr resin petro dan gam rosin. Perekat dengan kandungan resin petro/resin CI dan gam rosin/resin CI turut menunjukkan peningkatan sehingga nilai maksimum pada kepekatan 40 phr resin petro dan gam rosin. Perekat dengan kandungan resin petro/resin CI dan gam rosin/ resin CI menunjukkan kekuatan kupasan yang lebih tinggi. Perekat berasaskan ENR 25/resin petro/resin CI menunjukkan kekuatan kupasan yang paling tinggi. Kelikatan dan kekuatan ricihan perekat berasaskan ENR menurun dengan peningkatan resin pemelekat bagi semua jenis penambahan dan pencampuran. Perekat berasaskan SMR L/resin petro menunjukkan nilai kelikatan dan kekuatan ricihan yang paling tinggi. Kekuatan lekatan dan kupasan perekat meningkat dengan peningkatan ketebalan litupan. Bagaimanapun, didapati kekuatan ricihan menurun dengan peningkatan ketebalan litupan. Kekuatan lekatan, kupasan dan

ricihan meningkat dengan peningkatan masa mastikasi sehingga 10 menit dan kemudiannya menurun dengan masa mastikasi lebih panjang. Kelikatan menurun dengan peningkatan masa mastikasi.

EFFECT OF TACKIFIER RESIN ON ADHESION PROPERTIES OF EPOXIDIZED NATURAL RUBBER

ABSTRACT

Effect of the addition of petro resin and gum rosin and mixing of the petro resin/CI resin and gum rosin/CI resin on adhesion properties of epoxidized natural rubber (ENR) 25 and 50 based adhesives have been studied. Effect of the addition of petro resin and gum rosin and mixing of the petro resin/CI resin and gum rosin/CI resin on adhesion properties of SMR L based adhesives was also studied for comparison with ENR. Effects of the coating thickness and mastication time on adhesion properties were also investigated. It was found that the tackiness strength of ENR based adhesives increased with increasing petro resin and gum rosin concentration. Higher tackiness strength was observed for the adhesives containing petro resin/CI resin and gum rosin/CI resin. ENR 25/petro resin/CI resin showed the highest tackiness strength. T, 90° and 180° peel strength increased to a maximum value at 40 phr concentrations of petro resin and gum rosin. Adhesives containing petro resin/CI resin and gum rosin/CI resin also showed an increase up to a maximum value at 40 phr concentrations of petro resin and gum rosin. Adhesives containing petro resin/CI resin and gum rosin/CI resin showed higher peel strength. ENR 25/petro resin/CI resin based adhesives showed the highest peel strength. Viscosity and shear strength of ENR based adhesives decreased with increasing tackifier resins for all types of addition and mixing. SMR L/petro resin based adhesives showed the highest viscosity and shear strength. Tackiness and peel strength increased with increasing coating thickness. However, the shear strength decreased with increasing coating thickness. Tackiness, peel and shear strength was found to increase with increasing mastication time up to 10 minutes and then decreased with longer mastication time. Viscosity decreased with increasing mastication time.

1.0 PENGENALAN DAN TINJAUAN LITERATUR

1.1 Pengenalan

Perekat peka tekanan telah diperkenalkan sejak hampir seabad yang lalu dan kini ia digunakan dalam pelbagai jenis bidang. Daripada penggunaan ringan di rumah dan pejabat sehingga penggunaan berat seperti pembinaan bangunan, perekat peka tekanan membantu memudahkan aktiviti harian manusia. Tidak seperti perekat lain yang memerlukan haba, pelarut atau penukaran fasa, perekat peka tekanan hanya memerlukan sedikit tekanan untuk membentuk ikatan pada permukaan dan biasanya ia cukup dengan sekadar menekan dengan jari. Antara produk yang menggunakan perekat peka tekanan adalah pita perekat, pita masking, pita penebat, label dan sebagainya.

Perekat peka tekanan bertindak dengan membentuk ikatan secara agresif dan kekal melekit untuk melekat dengan baik pada pelbagai jenis permukaan yang berlainan. Untuk perekat peka tekanan bertindak, ia harus mempunyai kebolehan membasahi permukaan disamping memberikan rintangan yang kuat semasa pemisahan. Dalam erti kata yang lain, perekat peka tekanan harus memiliki sifat cecair dan pepejal dalam satu masa yang dipanggil viskoelastik. Kekuatan ikatan perekat peka tekanan bergantung pada keseimbangan viskoelastik yang terdapat dalam bahan perekat.

Perekat peka tekanan terhasil daripada kepelbagaian komposisi kimia atau sistem yang terdapat di dalam formulasinya. Antara sistem yang biasa digunakan dalam penghasilan perekat peka tekanan adalah berasaskan akrilik, getah asli, kopolimer blok stirena-butadiena dan silikon. Akrilik dikenali kerana sifat kestabilannya yang tinggi terhadap sinaran ultra ungu (UV) dan ketahanan terhadap persekitaran tetapi mempunyai sifat menjalar yang lemah berbanding getah asli. Kopolimer blok stirena-butadiena mempunyai sifat penuaan haba yang baik dan resapan lembapan yang rendah tetapi

mempunyai sifat rekatan yang lemah. Silikon pula mempunyai sifat ketahanan yang baik terhadap bahan kimia, pelarut, suhu dan degradasi haba serta oksidasi tetapi penghasilannya memerlukan kos yang tinggi disamping sifatnya yang kurang melekit secara agresif.

Getah asli merupakan bahan asas terawal dan paling banyak digunakan dalam penghasilan perekat peka tekanan. Selain harganya yang murah dan mudah untuk diperolehi, sifat-sifat yang terdapat pada getah asli seperti kekuatan tensil dan koyakan yang kuat, ketahanan terhadap tegasan dan kebolehan lekatan yang baik menjadikannya bahan asas perekat peka tekanan yang paling efisien. Perekat peka tekanan berasaskan getah asli banyak digunakan dalam penghasilan pita penebat, pita pembungkusan, pita bedah dan plaster.

Hari ini, perkembangan dalam bidang pengubahsuaian terhadap getah asli semakin meningkat. Pengubahsuaian ini bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat getah asli bagi memenuhi keperluan aplikasi teknikal dan kejuruteraan masa kini. Salah satu produk getah asli terubahsuaikan secara kimia yang paling berjaya adalah getah asli terepoksida (ENR). Ia melibatkan proses epoksidasi terhadap struktur getah asli bagi memperolehi peratus mol tertentu epoksida di dalam getah asli. Secara komersial, ENR boleh didapati dalam dua gred yang mengandungi 25 dan 50 peratus mol epoksida yang dikenali sebagai ENR 25 dan ENR 50.

Pengubahsuaian ini telah mengubah sifat-sifat getah asli seperti peningkatan suhu peralihan kaca (T_g), peningkatan parameter keterlarutan dan kebolehan menahan regangan kristalisasi. Disebabkan kelebihan yang dimiliki oleh ENR ini, ia diaplikasikan dalam bidang seperti pembuatan tayar dan perekat.

Perekat berasaskan ENR semakin pesat berkembang terutama dalam bidang merekatkan getah dan logam. Dengan kehadiran epoksida, ENR dapat memberikan kekuatan rekatan yang lebih baik berbanding getah asli. Dalam bidang perekat peka tekanan, penggunaan ENR dilihat berpotensi untuk menjadi bahan asas yang baik kerana ia dapat

memberikan sifat viskoelastik yang diperlukan. Bagaimanapun, untuk ENR mempunyai sifat-sifat rekatan yang diperlukan sebagai perekat peka tekanan, bahan resin pemelekat perlu ditambah. Oleh itu, kajian mengenai kesan resin pemelekat terhadap sifat-sifat rekatan perekat peka tekanan berasaskan ENR amat diperlukan.

1.2 Penyataan masalah

ENR sahaja tidak mencukupi untuk memberikan sifat-sifat rekatan yang baik bagi penyediaan perekat peka tekanan. Justeru, campuran resin pemelekat di dalam sebatian perekat berasaskan ENR diperlukan bagi meningkatkan sifat kebasahan perekat untuk membasahi substrat disamping memberikan keberkesanan rekatan yang optimum. Campuran resin pemelekat adalah diperlukan untuk menghasilkan perekat dengan kekuatan lekatan, kupasan dan ricihan yang seimbang (Poh & Chang, 2006).

Selain itu, nisbah campuran resin pemelekat yang spesifik ke dalam formulasi perekat dapat menghasilkan perekat yang baik, manakala campuran resin pemelekat pada kepekatan yang salah akan menghasilkan perekat yang kurang baik sebagai perekat peka tekanan (Fujita et al. 1998a; Fujita et al. 1998b). Oleh itu, pemilihan resin pemelekat dan kepekatan yang tepat adalah diperlukan bagi menghasilkan perekat peka tekanan yang mempunyai sifat-sifat rekatan yang baik.

Daripada kajian-kajian yang telah dijalankan oleh penyelidik terdahulu, didapati tiada kajian mengenai sifat-sifat rekatan perekat peka tekanan berasaskan getah terutamanya ENR yang menggunakan campuran dua atau lebih jenis resin pemelekat pernah dilakukan. Kebanyakan kajian mengenai sifat-sifat rekatan perekat berasaskan ENR hanya menggunakan satu jenis resin tackifier sahaja seperti resin kumaron-indena yang digunakan oleh Poh & Chow (2007), Poh & Kwo (2007a) dan Poh et al. (2008). Resin petro dan gam rosin pula pernah digunakan secara berasingan oleh Poh & Yong (2009) dan Poh & Yong

(2010). Menyedari perkara tersebut, satu penyelidikan yang sistematik mengenai kesan campuran dua jenis resin pemelekat terhadap perekat peka tekanan berasaskan ENR perlu dilakukan. Adalah dijangkakan melalui penyelidikan ini campuran dua jenis resin pemelekat akan memberikan sifat-sifat rekatan yang lebih baik berbanding perekat yang menggunakan satu jenis resin pemelekat sahaja untuk perekat berasaskan ENR.

1.3 Objektif kajian

Objektif yang ingin dicapai dalam kajian ini adalah:

- i. Mengkaji kesan resin pemelekat terhadap sifat-sifat rekatan perekat berasaskan ENR.
- ii. Mengkaji kesan campuran dua jenis resin pemelekat yang berlainan jenis dan kepekatan terhadap sifat-sifat rekatan perekat berasaskan ENR.
- iii. Mengkaji kesan ketebalan litupan perekat terhadap sifat-sifat rekatan perekat berasaskan ENR.
- iv. Mengkaji kesan masa mastikasi terhadap sifat-sifat rekatan perekat berasaskan ENR.
- v. Mengkaji perbezaan kesan resin pemelekat, campuran dua jenis resin pemelekat yang berlainan jenis dan kepekatan, ketebalan litupan dan masa mastikasi di antara perekat berasaskan ENR dan SMR L.

1.4 Perekat peka tekanan

Menurut ASTM (2005), perekat peka tekanan didefinisikan sebagai bahan viskoelastik yang mana dalam keadaan bebas pelarut ia tetap melekit dan akan melekat serta merta pada kebanyakan permukaan pepejal dengan aplikasi oleh sedikit tekanan. Perekat peka tekanan juga boleh didefinisikan sebagai satu kategori pita pelekat yang mana dalam keadaan kering ia agresif dan kekal melekit pada suhu bilik (Varanese, 1998). Ia memiliki keupayaan untuk merekat dengan cepat dan tidak seperti kebanyakan perekat lain, perekat

peka tekanan tidak memerlukan sebarang penggiat sama ada air, haba atau pelarut untuk ia membentuk ikatan.

Perekat peka tekanan dapat merekat pada pelbagai jenis permukaan substrat yang tidak sama dengan hanya mengenakan sedikit tekanan. Tekanan yang dimaksudkan di sini biasanya merupakan tekanan jari manusia. Tetapi, terdapat juga alat seperti penggelek, penekan dan alatan mekanikal lain yang digunakan untuk merekatkan perekat peka tekanan (Petrie, 2002). Walaupun hanya menggunakan tekanan jari, perekat peka tekanan dapat membentuk daya kekuatan pegangan yang tinggi disamping memberi kekuatan kohesif yang mencukupi untuk mengikat pada substrat.

Kekuatan kohesif atau kekuatan dalaman ini diperlukan bagi membolehkan perekat tidak meninggalkan sebarang kesan apabila dipisahkan daripada substrat dan dalam masa yang sama ia memberi rintangan yang tinggi terhadap rayapan dan ricihan selepas diaplikasi (Petrie, 2002).

Bagi merumuskan mengenai perekat peka tekanan, Yarusso (2002) telah menggariskan empat ciri-ciri yang perlu ada pada perekat peka tekanan. Pertama adalah perekat peka tekanan kekal melekit pada suhu bilik iaitu pada keadaan kering dan bebas pelarut. Kedua, perekat peka tekanan dapat merekat pada pelbagai jenis permukaan dengan hanya bersentuhan tanpa memerlukan tekanan yang melebihi tekanan jari atau tangan. Ketiga adalah perekat peka tekanan membentuk ikatan tanpa memerlukan penggiat oleh air, pelarut atau haba dan yang terakhir adalah perekat peka tekanan mempunyai kekuatan kohesif yang mencukupi serta sifat elastik yang membolehkannya diaplikasi dengan hanya menggunakan jari dan tidak meninggalkan sebarang kesan apabila dipisahkan daripada permukaan licin.

Perekat peka tekanan dihasilkan dengan memiliki sifat kelekitan agar dapat membasahi substrat dan dalam masa yang sama turut memiliki sifat elastik untuk

menghalang rekatan daripada terpisah. Oleh itu, perekat peka tekanan dalam erti kata yang lain memiliki sifat viskoelastik iaitu perekat bersifat pepejal dan cecair pada satu masa yang sama (Extance, 2008c).

Semasa perekat diaplikasi, ia bersifat lembut atau cecair bagi membolehkan ia membentuk ikatan pada substrat. Semasa proses ini, permukaan substrat perlu disentuh pada darjah tertentu bagi membenarkan daya tarikan molekul bertindak iaitu membasahi permukaan substrat (Gierenz & Karmann, 2001). Apabila perekat telah diaplikasikan, ia bersifat pepejal untuk menghalang ikatan daripada dipisahkan oleh daya yang dikenakan ke atasnya.

Sifat viskoelastik juga penting dalam menentukan sifat-sifat rekatan perekat peka tekanan seperti lekatan iaitu kebolehan untuk melekat dengan cepat, kupasan iaitu kebolehan untuk menahan daripada pemisahan secara kupasan dan ricihan iaitu kebolehan untuk menahan semasa daya ricih dikenakan (Benedek, 2004).

1.4.1 Komposisi perekat peka tekanan

Komposisi perekat peka tekanan biasanya terdiri daripada polimer elastomerik atau termoplastik, resin pemelekat dan pelbagai jenis aditif seperti pemplastik, pengisi, dan antioksidan yang bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat rekatan dan pemprosesan (Petrie, 2002).

1.4.1.1 Elastomer

Komponen terpenting dalam penghasilan perekat peka tekanan adalah elastomer. Elastomer ialah bahan dengan kandungan polimer yang tinggi. Perekat peka tekanan dihasilkan daripada bahan elastomerik seperti getah asli, getah sintetik, silikon, dan akrilik. Bahan elastomer dapat memberikan sifat fleksibel, lekatan dan kekuatan ikatan yang

diperlukan apabila dicampurkan dengan pemelekat, pigmen, pemplastik, lilin dan minyak yang sesuai (Benedek, 2004).

1.4.1.1.1 Getah asli

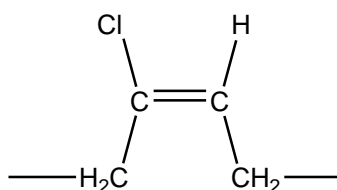
Penghasilan perekat peka tekanan yang terawal adalah berasaskan getah asli. Sehingga hari ini, getah asli merupakan bahan asas yang paling murah dan mudah yang digunakan di dalam formulasi perekat peka tekanan (Extance, 2008a). Sifat-sifat perekat peka tekanan berasaskan getah asli ditentukan oleh komposisi kimia dan berat molekul bahan asas tersebut. Getah asli terdiri daripada rangkaian polimer yang panjang dengan berat molekul yang tinggi. Selain itu, sifat pengekatan lekatan yang panjang yang dimiliki oleh getah asli menjadikan ia bahan yang ideal untuk formulasi perekat peka tekanan (Petrie, 2000).

Perekat peka tekanan berasaskan getah asli biasanya dikenali dengan sistem campuran getah asli dan resin. Resin digunakan dalam formulasi perekat peka tekanan berasaskan getah asli untuk meningkatkan sifat lekatan, kebasahan, rintangan terhadap haba, kekuatan ikatan dan ketahanan terhadap oksidasi (Extance, 2008b). Untuk meningkatkan sifat rekatan perekat peka tekanan terutamanya sifat lekatan, resin pemelekat perlu ditambah ke dalam formulasi perekat. Campuran resin pemelekat seperti hidrokarbon alifatik atau aromatik, politerpena dan rosin dapat meningkatkan kebolehasahan perekat dan memberikan ikatan yang lebih efektif (Fujita et al., 1998a). Menurut Poh dan Chee (2007), kelikatan, kekuatan lekatan dan kekuatan kupasan perekat peka tekanan berasaskan getah asli (SMR 20) meningkat dengan dengan penambahan resin kumaron-indena.

1.4.1.1.2 Getah sintetik

Getah sintetik adalah produk makromolekul yang bersifat elastik. Sifat ini terhasil daripada kandungan kimia getah sintetik yang istimewa serta struktur makromolekulnya (Benedek, 2006). Terdapat pelbagai jenis getah sintetik yang sesuai digunakan untuk penghasilan perekat peka tekanan. Antaranya ialah getah polikloroprena, getah stirena-butadiena, getah nitril dan poliisobutilena.

Polikloroprena merupakan getah sintetik pertama yang dihasilkan dengan menunjukkan sifat-sifat elastomerik getah asli. Struktur kimia polikloroprena hampir serupa dengan struktur kimia getah asli dengan kumpulan metil *cis*-1, 4-poliisoprena diganti dengan atom klorin.



Rajah 1.1: Struktur kimia polikloroprena. Diambil daripada Miguel & Martin-Martinez (2005)

Polikloroprena mempunyai kekuatan hijau serta kekuatan ikatan akhir yang tinggi. Ia mempunyai sifat ketahanan dan rintangan terhadap minyak yang baik berbanding getah asli. Ia juga menunjukkan rintangan terhadap suhu dan sifat penuaan yang sangat baik.

Getah sintetik stirena-butadiena banyak digunakan dalam penghasilan perekat peka tekanan. Berbanding dengan getah asli, getah stirena-butadiena mempunyai sifat ketahanan terhadap penuaan haba yang lebih baik dan ia kurang menyerap lembapan. Bagaimanapun, getah stirena-butadiena tidak mempunyai sifat rekatan yang baik seperti getah asli, jadi ia selalu digunakan dalam formulasi campuran dengan getah asli. Menurut Poh dan Ong (2007), campuran getah stirena-butadiena dalam formulasi perekat peka tekanan berasaskan

getah asli (SMR L) telah menurunkan kelikatan perekat disebabkan oleh berat molekul getah stirena-butadiena yang rendah. Ini secara langsung dapat meningkatkan sifat rekatan perekat kerana kelikatan yang rendah meningkatkan kebolehan basahan perekat.

Getah nitril yang dikenali sebagai getah nitril-butadiena ialah kopolimer akrilonitril dan butadiena. Perekat berasaskan getah nitril mempunyai sifat ketahanan terhadap haba yang baik. Ia juga mempunyai kekuatan rekatan yang tinggi terhadap substrat logam. Selain itu, struktur berpolar yang dipunyai oleh getah nitril memberikannya sifat ketahanan yang tinggi terhadap gris, minyak dan pelarut tidak berpolar berbanding elastomer yang lain (Miguel & Martin-Martinez, 2005).

Getah sintetik poliisobutilena adalah polimer amorfus dengan T_g -65°C . Ia mempunyai sifat fleksibiliti dan lekatan yang baik. Berbanding dengan getah asli, poliisobutilena mempunyai ketahanan terhadap penuaan yang lebih baik disamping rintangan terhadap persekitaran dan elastiksiti. Bagaimanapun, poliisobutilena mempunyai kekuatan kohesif yang lemah disebabkan oleh ketiadaan struktur paut silang. Struktur paut silang memainkan peranan penting kepada kekuatan kohesif dengan memberikan kekuatan pegangan kepada polimer tersebut. Ketidadaan struktur paut silang ini menyebabkan kekuatan pegangan di dalam polimer menjadi lemah. Tetapi hal ini dapat di atasi dengan meningkatkan berat molekul poliisobutilena (O'Connor & Willenbacher, 2004).

1.4.1.1.3 Akrilik

Penggunaan akrilik dalam aplikasi perekat peka tekanan telah bermula agak lama. Kelebihan penggunaan akrilik sebagai bahan asas perekat peka tekanan adalah ia tidak memerlukan penambahan pemelekat untuk memberikan sifat-sifat rekatan dan ia juga stabil terhadap penyimpanan dan penuaan. Akrilik adalah bersifat melekit secara semulajadi tanpa memerlukan campuran pemelekat disebabkan oleh kerosotan berat molekul yang tinggi.

Sifat rekatan, kohesif dan lekatan akrilik tidak mengalami perubahan terhadap penuaan yang panjang pada suhu yang tinggi. Akrilik juga kurang sensitif terhadap cahaya UV. Dari segi fizikal, akrilik adalah bahan yang tidak berwarna dan lut sinar. Akrilik adalah bahan berpolar, jadi ia menunjukkan rekatan yang baik terhadap substrat berpolar (Benedek, 2004).

Penggunaan akrilik dalam penghasilan perekat peka tekanan terdapat dalam pelbagai jenis seperti berasaskan pelarut, berasaskan air, leburan panas dan kebolehmatangan radiasi. Dalam penghasilan akrilik berasaskan air, bahan pengemulsi polimerik digunakan untuk menghasilkan emulsi akrilik dan sifat rekatan seperti kekuatan kupasan dan pegangan bergantung kepada berat molekul dan kandungan asid akrilik pengemulsi polimerik (Park & Lee, 2004). Teknologi perekat peka tekanan berasaskan akrilik dikembangkan lagi dengan penghasilan perekat peka tekanan akrilik bebas pelarut. Perekat peka tekanan akrilik bebas pelarut boleh disintesis melalui tiga cara iaitu pempolimeran menggunakan ekstruder yang diikuti dengan paut silang UV, pempolimeran di dalam reaktor dengan penyingkiran pelarut, dan pempolimeran sirap akrilik di atas pembawa (Czech & Wesolowska, 2007).

1.4.1.1.4 Silikon

Silikon atau polisiloksan adalah polimer dengan formula kimia $[R_2 SiO]_n$, dimana R ialah kumpulan organik seperti metil, fenil, alkenil dan hidrogen. Ia merupakan satu-satunya kelas polimer hibrid organik/tak organik yang dikomersialkan secara meluas (Somasundaran et al., 2006). Struktur silikon terdiri daripada tulang belakang tidak organik silikon-oksigen (...-Si-O-Si-O-Si-O-...) dengan kumpulan tepi organik terikat pada atom silikon. Kebanyakan kumpulan tepi organik adalah hidrokarbon seperti metil dan fenil.

Perekat peka tekanan berasaskan silikon biasanya mengandungi polimer silikon berat molekul tinggi dan resin siloksan MQ (M ialah unit trimetilsiloksi, $CH_3SiO_{1/2}$ dan Q ialah unit silsesquioxane, $SiO_{4/2}$) dengan nisbah yang tertentu. Sifat-sifat yang baik yang

ditunjukkan oleh perekat peka tekanan berasaskan silikon dipengaruhi oleh sifat semulajadi silikon. Antara kelebihan perekat peka tekanan berasaskan silikon adalah sifat kestabilan suhu, rintangan terhadap kimia, kestabilan terhadap persekitaran, fleksibiliti, rekatan pada substrat tenaga permukaan rendah, dan rintangan terhadap elektrik (Lin et al., 2009). Perekat peka tekanan berasaskan silikon juga sesuai digunakan dalam aplikasi kesihatan kerana ia kurang reaktif terhadap bahan kimia, kandungan toksik yang rendah dan ketelapan gas yang tinggi. Selain itu, penambahan bahan dadah terhadap perekat lekatan tinggi dapat meningkatkan kekuatan kohesif perekat tersebut (Ho & Dodou, 2007).

1.4.1.2 Resin pemelekat

Resin pemelekat adalah bahan amorfus yang mempunyai berat molekul yang rendah dan T_g yang tinggi. Dalam penghasilan perekat peka tekanan, penambahan resin pemelekat bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat rekatan perekat seperti kekuatan lekatan dan kupasan.

Dalam formulasi perekat peka tekanan berasaskan getah, resin pemelekat yang digunakan mempunyai ciri-ciri seperti berikut (Miguel & Martin-Martinez, 2009):-

1. Resin termoplastik dengan berat molekul rendah ($M_w = 200-2000$ g/mol).
2. Berbentuk cecair likat sehingga kaca keras, rapuh pada suhu bilik.
3. Diperolehi daripada terbitan rosin atau pempolimeran daripada penyulingan petroleum, turpentin, batu arang, tar dan monomer tulen.
4. Julat warna daripada jernih sehingga jingga gelap atau hitam.
5. Larut dalam hidrokarbon alifatik dan aromatik serta kebanyakan pelarut organik.

Resin boleh dibahagikan kepada dua jenis iaitu resin semulajadi dan sintetik. Resin semulajadi diperolehi dari sumber sayuran atau haiwan. Contoh resin semulajadi adalah rosin dan resin terpena. Resin sintetik pula didapati daripada tindak balas kimia terkawal dan

dibahagikan kepada dua sub-kumpulan iaitu resin hidrokarbon yang dihasilkan daripada pempolimeran dan resin sintetik yang terhasil daripada pempolimeran dan polikondensasi tambahan. Antara jenis resin sintetik adalah resin kumaron-indena, resin hidrokarbon alifatik dan resin hidrokarbon aromatik.

1.4.1.3 Aditif

Aditif yang digunakan dalam formulasi perekat peka tekanan termasuklah pemelekat, antioksidan, perencat api, pigmen dan pengisi. Penambahan aditif dalam formulasi perekat bertujuan untuk memberikan sifat yang spesifik semasa pemprosesan atau pada produk akhir.

Kebanyakan polimer yang digunakan dalam formulasi perekat peka tekanan mengandungi rangkaian ikatan ganda dua tak tepu yang mudah untuk mengalami oksidasi terutama apabila terdedah kepada suhu tinggi atau sinaran UV. Untuk mengatasi masalah ini, antioksidan digunakan bagi menstabilkan perekat terhadap oksidasi dan degradasi. Penggunaan antioksidan terutamanya di dalam perekat berasaskan getah adalah sangat penting untuk memberikan perlindungan yang optimum.

Penggunaan pemplastik dalam perekat berasaskan getah adalah bertujuan untuk mengurangkan kos. Penambahan pemplastik dapat memberi kesan kepada sifat lekatan perekat tetapi secara umumnya ia menurunkan kekuatan lekatan dan kohesif perekat. Pemplastik juga selalu digunakan untuk meningkatkan sifat pemprosesan perekat dengan menurunkan suhu lebur dan kelikatan larutan. Sifat-sifat perekat yang ditambah dengan pemplastik banyak bergantung kepada komposisi pemplastik tersebut, parameter keterlarutan dan berat molekulnya.

Pigmen atau pengisi ditambah ke dalam formulasi perekat peka tekanan untuk memberikan warna dan meningkatkan sifat rekatan perekat. Titanium dioksida, zink oksida

dan silika dapat meningkatkan kekuatan kohesif dan retensi lekatan perekat. Pengisi bukan penguat seperti tanah liat, talkum, pemutih dan sebagainya digunakan untuk mengurangi kos bahan perekat. Karbon hitam pula digunakan sebagai pigmen dan penstabil terhadap UV. Bagaimanapun, penggunaan pengisi di dalam formulasi perekat peka tekanan adalah terhad kerana ia meningkatkan kekakuan dan mengurangkan lekatan agresif perekat. Bagi sesetengah perekat peka tekanan, sifat rintangan terhadap rayapan adalah penting. Sifat rintangan terhadap rayapan perekat boleh ditingkatkan dengan menambah pengisi penguat atau paut silang. Perekat berasaskan getah misalnya, dapat dipaut silang menggunakan poli atau diisosiyanat.

1.5 Sifat-sifat rekatan perekat peka tekanan

Secara umumnya, terdapat tiga faktor utama yang perlu diketahui dalam menentukan sifat-sifat rekatan perekat peka tekanan iaitu lekatan, kekuatan kupasan dan rintangan terhadap ricihan.

1.5.1 Kekuatan lekatan

Lekatan adalah sifat penting yang perlu dipunyai oleh perekat peka tekanan. Lekatan adalah kebolehan perekat untuk membentuk ikatan dengan cepat apabila bersentuhan dengan substrat pada tekanan yang rendah. ASTM (2005) mendefinisikan lekatan sebagai sifat perekat yang membolehkan ia membentuk ikatan secara segera dengan kekuatan yang dapat dihitung sebaik perekat dan substrat bersentuhan pada tekanan yang rendah. Penentuan kekuatan lekatan adalah untuk menilai kebolehan perekat peka tekanan untuk membasahi permukaan substrat dan membentuk ikatan secara spontan (Fujita et al., 1998b).

Dalam penentuan kekuatan lekatan, ia melibatkan dua langkah iaitu pembentukan ikatan dan pemisahan ikatan. Terdapat beberapa jenis ujian yang boleh digunakan untuk menghitung kekuatan lekatan antaranya ujian lekatan gegelung, ujian lekatan Polyken, ujian golek bola, ujian golek silinder dan lain-lain. Semua ujian lekatan ini digunakan untuk menentukan kebolehan perekat untuk membentuk ikatan dalam masa yang singkat dengan tekanan yang sangat minimal (Benedek, 2009).

Dalam kajian mengenai sifat-sifat rekatan perekat peka tekanan, lekatan menjadi faktor utama yang dititikberatkan. Kim et al. (2007) dalam kajian mereka tentang perekat peka tekanan akrilik berasaskan air telah menyelidik kesan T_g dan campuran resin pemelekat ke atas kekuatan lekatan. Kajian perekat peka tekanan berasaskan campuran poli(vinilpirolidon) (PVP)/akrilik yang telah dijalankan oleh Taghizadeh et al. (2009) turut menguji produk yang dihasilkan dengan ujian kekuatan lekatan.

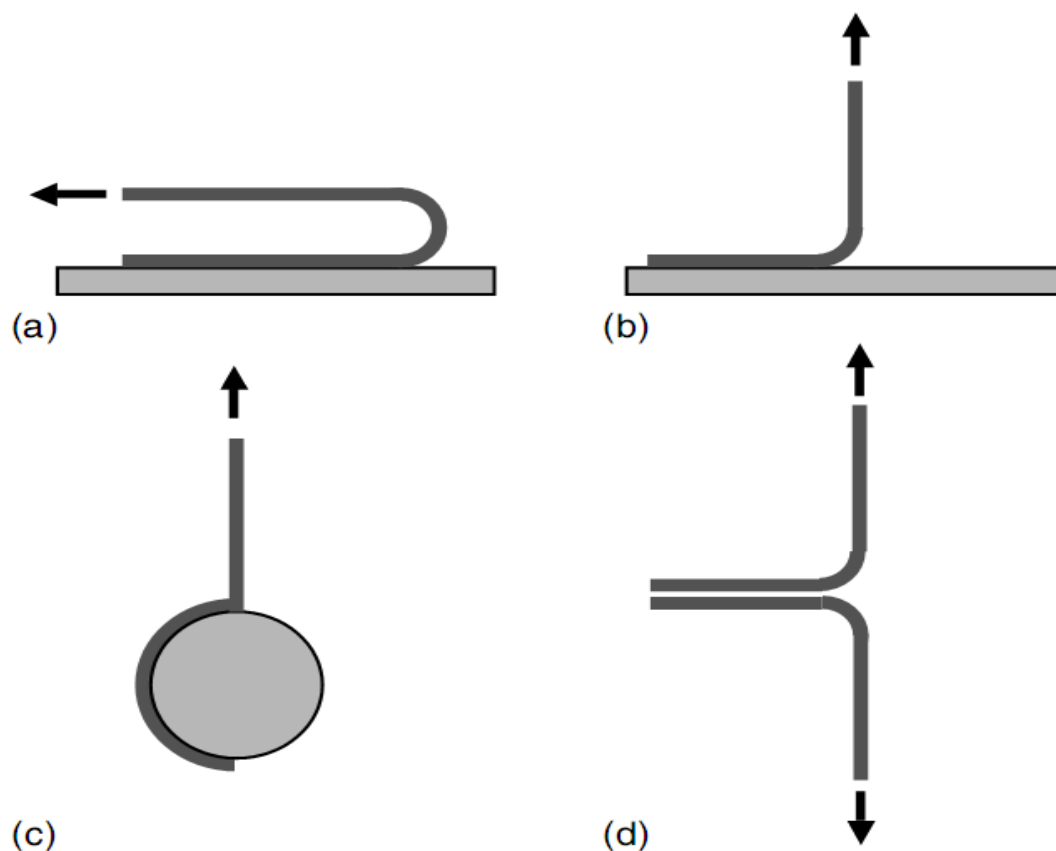
1.5.2 Kekuatan kupasan

Kekuatan kupasan adalah daya yang diperlukan untuk memisahkan produk perekat peka tekanan (label, pita dan sebagainya) secara kupasan daripada substrat (Kim et al., 2009). Menurut ASTM (2005), kekuatan kupasan didefinisikan sebagai beban purata per kelebaran kawasan ikatan yang diperlukan untuk memisah secara progresif satu anggota yang fleksibel daripada anggota rigid atau anggota fleksibel yang satu lagi.

Kekuatan kupasan perekat peka tekanan boleh diuji dengan beberapa siri ujian seperti ujian kupasan T, ujian kupasan 90°, ujian kupasan 180° dan ujian kupasan dram.

Kekuatan kupasan menjadi salah satu elemen penting dalam menguji sifat rekatan perekat peka tekanan. Banyak kajian daripada para penyelidik yang menggunakan ujian kekuatan kupasan dalam menentukan hasil penyelidikan mereka mengenai perekat peka tekanan. Fujita et al. (1998a) misalnya telah menggunakan ujian kupasan 180° dalam

mengkaji kesan jenis campuran resin pemelekat terhadap perekat peka tekanan berasaskan getah asli. McGuiggan et al. (2008) pula telah menggunakan ujian kupasan 90° dan 180° untuk menguji kekuatan kupasan perekat peka tekanan yang dipisahkan daripada permukaan yang berlainan suhu. Poh dalam kebanyakan kajiannya mengenai sifat-sifat rekatan perekat peka tekanan banyak menggunakan ujian kekuatan kupasan (Poh & Chang, 2006; Poh & Kwo, 2007a; Poh & Chow, 2007).



Rajah 1.2: Jenis ujian kupasan: (a) ujian kupasan 180° , (b) ujian kupasan 90° , (c) ujian kupasan dram dan (d) ujian kupasan T. Diambil daripada Kim et al. (2009)

1.5.3 Rintangan terhadap ricihan

Rintangan terhadap ricihan adalah salah satu sifat penting yang dipunyai oleh perekat peka tekanan. Apabila daya ricih dikenakan, perekat peka tekanan akan menunjukkan sifat

menjalar yang membawa kepada kegagalan perekat. Rintangan terhadap ricihan adalah kebolehan perekat peka tekanan untuk menahan daripada mericih apabila daya ricihan dikenakan (Antonov & Kulichikhin, 2009). Rintangan terhadap ricihan diukur sebagai daya yang diperlukan untuk menarik bahan perekat peka tekanan secara selari dengan permukaan di mana ia direkatkan dengan tekanan yang tertentu (Benedek, 2004). Rintangan terhadap ricihan boleh diukur secara statik atau dinamik. Ujian ricihan statik digunakan untuk menilai kekuatan pegangan atau rekatan ricih perekat peka tekanan (Benedek, 2009). Kaedah ini menggunakan beban yang tetap dan memerlukan masa yang lebih panjang. Ujian ricihan secara dinamik pula mengukur kejeleketan (*cohesion*) perekat peka tekanan dengan menggunakan beban yang meningkat (Kim et al., 2006).

Ujian rintangan terhadap ricihan sering digunakan dalam menentukan sifat rekatan perekat peka tekanan. Fujita et al., (2000) mengaplikasi ujian rintangan ricihan dalam menentukan kesan jenis pencampuran resin pemelekat terhadap kekuatan pegangan perekat peka tekanan. Ujian rintangan ricihan juga telah digunakan untuk mengkaji kesan berat molekul terhadap perekat peka tekanan yang menunjukkan kekuatan kohesif memainkan peranan penting ke atas rintangan terhadap ricihan (Poh & Yong, 2009).

1.6 Teori perekatan

Teori perekatan digunakan dalam menentukan fenomena rekatan perekat terhadap substrat. Setiap teori mengandungi konsep dan informasi tertentu yang menjadi asas kepada pemahaman mengenai mekanisma rekatan. Antara teori perekatan yang biasa digunakan adalah teori mekanikal, teori jerapan, teori elektrostatik, teori penyebaran dan teori lapisan sempadan lemah.

1.6.1 Teori mekanikal

Teori mekanikal merupakan teori perekatan yang paling tua (Gierenz & Karmann, 2001). Berdasarkan teori ini, perekatan terbentuk dengan perekat memasuki ke dalam liang, rongga dan ketidaksamaan lain yang terdapat pada permukaan substrat (Ebnesajjad, 2008). Kebanyakan permukaan substrat adalah kasar dan tidak sama yang menyebabkan udara terperangkap di dalamnya. Oleh itu, untuk perekat berfungsi dengan baik berdasarkan teori ini, ia perlu memasuki rongga pada permukaan substrat, menggantikan udara yang terperangkap pada antara muka dan seterusnya membentuk pasakan mekanikal (*mechanical interlocking*) di antara perekat dengan substrat (Petrie, 2000).

Kekasaran permukaan substrat dapat meningkatkan perekatan dengan memberikan jumlah kawasan sentuhan yang lebih besar yang dapat meningkatkan tenaga interaksi permukaan. Ia juga meningkatkan sifat pegangan substrat terhadap perekat bagi membolehkan daya rekatan membentuk. Semasa pemisahan perekat, kekasaran permukaan substrat menyebabkan perekat berubah kepada sifat plastik yang menyerap tenaga dan meningkatkan kekuatan rekatan. Kekasaran permukaan juga bertindak sebagai penghalang kepada penyebaran belahan semasa daya dikenakan terhadap rekatan dengan pembentukan antara muka yang bengkok-bengkok.

Kajian mengenai perekat yang melibatkan pasakan mekanikal banyak dilakukan untuk menguji kekuatan perekat. Dalam kajian perekat peka tekanan, pasakan mekanikal memainkan peranan yang penting dalam meningkatkan kekuatan kupasan (Poh & Chang, 2006; Poh & Kwo, 2007a; Poh & Chee, 2007). Menurut kajian-kajian tersebut, kekuatan kupasan meningkat disebabkan oleh pasakan mekanikal dan tambatan (*anchorage*) perekat pada liang dan ketidaksamaan pada substrat.

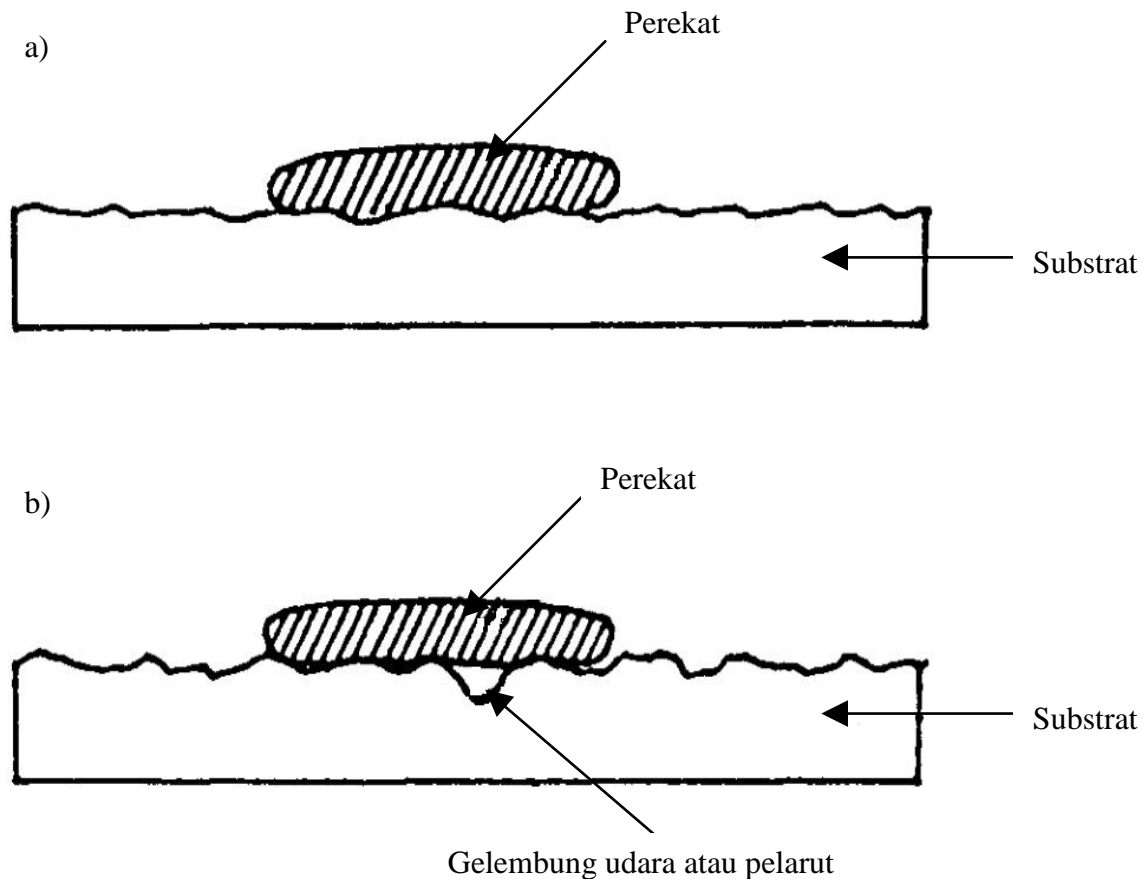
Perubahan sifat-sifat fizikal dan kimia substrat dipercayai dapat meningkatkan kekuatan perekatan. Perekat cenderung untuk memberi rekatan yang lebih baik pada

substrat tidak berliang yang dilelas berbanding permukaan asal substrat. Kebaikan kesan kekasaran substrat ini kerana ia menyebabkan pembentukan pasakan mekanikal, permukaan menjadi lebih bersih, pembentukan permukaan yang reaktif dan peningkatan luas permukaan.

1.6.2 Teori jerapan

Teori jerapan menyatakan perekatan berlaku hasil daripada sentuhan molekul di antara dua bahan dan pembentukan daya permukaan. Perekatan terhasil kerana jerapan molekul perekat ke atas substrat yang menghasilkan daya tarikan Van der Waals. Perekat dan substrat perlu mendekati di antara satu sama lain dan berlaku sentuhan molekul kerana daya tarikan Van der Waals sangat sensitif terhadap jarak antara molekul.

Proses penghasilan sentuhan yang berterusan di antara perekat dan substrat dikenali sebagai proses pembasahan. Untuk perekat membasahi substrat, perekat perlu mempunyai tegangan permukaan yang rendah daripada tegangan permukaan kritikal substrat. Rajah 1.3 menggambarkan pembasahan perekat yang baik dan kurang baik terhadap substrat. Pembasahan yang baik berlaku apabila perekat mengalir memasuki celah dan liang pada permukaan substrat. Pembasahan yang baik ini menghasilkan kekuatan ikatan yang tinggi. Pembasahan yang kurang baik pula terjadi apabila perekat membentuk jejambat pada celah dan liang permukaan substrat tanpa mengisinya yang mengakibatkan pemerangkapan gelembung udara atau pelarut. Ia menyebabkan pengurangan kawasan sentuhan perekat terhadap substrat dan menghasilkan kekuatan gabungan keseluruhan yang rendah (Petrie, 2000). Pembasahan yang kurang baik juga menyebabkan kecacatan antara muka perekat dan substrat yang mengakibatkan penurunan kekuatan ikatan.



Rajah 1.3: Gambaran pembasahan perekat (a) yang baik dan (b) kurang baik terhadap substrat. Diambil daripada Petrie (2000)

1.6.3 Teori elektrostatik

Teori elektrostatik menyatakan perekatan terbentuk kerana adanya kesan elektrostatik di antara perekat dan substrat. Elektrostatik ini adalah dalam bentuk dua lapisan elektrik yang wujud pada antara muka perekat dan substrat yang menyebabkan daya tarikan di antara dua bahan ini. Daya ini menghalang rekatan daripada terpisah. Teori elektrostatik ini telah diterima pakai sebagai teori dalam perekatan sel biologi (Poortinga, 2002). Teori elektrostatik ini juga digunakan dalam menerangkan perekatan di antara polimer dengan logam.

1.6.4 Teori penyebaran

Konsep utama teori penyebaran adalah perekatan terbentuk melalui penyebaran antara molekul perekat dan substrat. (Petrie, 2000). Teori penyebaran biasanya diaplikasikan untuk perekat dan substrat yang kedua-duanya terdiri daripada bahan polimer. Ini kerana sifat-sifat bahan polimer dengan molekul rantai panjang dapat menghasilkan pergerakan semasa proses penyebaran. Pengaruh terhadap tahap penyebaran pula ditentukan oleh sifat bahan dan keadaan rekatan perekat dan substrat. Oleh itu, perekat dan substrat perlu mempunyai kesesuaian secara kimia untuk menghasilkan penyebaran yang baik. Penyemenan pelarut dan pengimpalan panas substrat termoplastik adalah antara kaedah penyebaran molekul.

Contoh perekatan yang menggunakan teori penyebaran adalah merekatkan polietilena dan polipropilena kepada getah butil. Ikatan dua polimer pada suhu di bawah takat lebur poliolefin menunjukkan perekatan yang lemah. Bagaimanapun, kekuatan ikatan meningkat secara mendadak apabila proses perekatan dilakukan di atas takat lebur polietilena (135°C) dan polipropilena (175°C). Ini menunjukkan penyebaran antara poliolefin dan getah butil meningkat dengan kenaikan suhu serta meningkatkan kekuatan ikatan (Ebnesajjad, 2008).

1.6.5 Teori lapisan sempadan lemah

Berdasarkan teori ini, ia menyatakan kegagalan perekatan biasanya berlaku disebabkan oleh kegagalan kohesif lapisan sempadan lemah. Walaupun kegagalan ikatan dilihat berlaku pada antara muka, ia sebenarnya adalah kegagalan kohesif lapisan sempadan lemah. Kegagalan mungkin berlaku berdekatan dengan antara muka tetapi kegagalan antara muka yang sebenar jarang berlaku. Lapisan sempadan lemah boleh berpunca daripada perekat, substrat, persekitaran atau kombinasi daripada perkara-perkara tersebut.

Lapisan sempadan lemah boleh berlaku pada perekat atau substrat jika terdapat kotoran pada permukaan ikatan dan membentuk ikatan keterikan yang lemah. Semasa kegagalan terjadi, ia adalah kegagalan yang disebabkan oleh lapisan sempadan lemah dan bukan kegagalan antara muka perekat dan substrat.

Lapisan sempadan lemah boleh berlaku sama ada semasa aplikasi perekat, pembentukan rekatan atau semasa tempoh penggunaan perekat selepas perekatan. Sebelum aplikasi perekat, perkara pertama yang perlu dilakukan untuk mengatasi lapisan sempadan lemah adalah dengan menyingkirkan udara melalui proses pembasahan oleh perekat. Untuk substrat yang mempunyai berat molekul rendah serta lemah seperti polietilena, lapisan sempadan lemah biasanya terbentuk pada antara muka. Perkara ini boleh dielakkan dengan melakukan rawatan permukaan sebelum substrat digunakan.

Semasa pembentukan rekatan, perekat mengalami proses pemejalan yang menghasilkan lapisan-lapisan baru. Semasa proses ini, lapisan sempadan lemah mungkin terbentuk yang turut menjejaskan kekuatan rekatan. Lapisan sempadan lemah terjadi semasa pembentukan rekatan boleh disebabkan oleh tindak balas kimia. Permukaan substrat juga boleh dicemari dengan bahan yang terkandung di dalam perekat seperti kandungan air yang mungkin diserap oleh permukaan substrat.

Semasa tempoh penggunaan perekat selepas perekatan, lapisan sempadan lemah boleh berlaku disebabkan oleh kelembapan persekitaran yang menyebar pada perekat atau substrat dan terbentuk pada antara muka. Bahan-bahan seperti pemplastik, pelarut atau bahan dengan berat molekul rendah turut berganjak keluar daripada perekat atau substrat dan berkumpul pada antara muka. Lapisan sempadan lemah juga terbentuk disebabkan oleh perekat yang terus mengalami pematangan atau bertindak balas secara kimia dengan persekitaran (Petrie, 2000).

1.7 Getah asli sebagai bahan asas perekat

Perekat boleh didefinisikan sebagai bahan yang berkebolehan untuk memegang bahan-bahan lain bersama secara pelekatan permukaan (ASTM, 2005). Komponen utama dalam perekat yang bertindak memegang substrat bersama dikenali sebagai pengikat (Petrie, 2000). Pengikat terdiri daripada bahan polimer tinggi yang mempunyai kekuatan yang optimum untuk memberikan rekatan dan kekuatan dalaman pada perekat.

Getah asli merupakan antara bahan asas yang paling awal digunakan dalam penghasilan perekat. Perekat berasaskan getah asli boleh dibahagikan kepada dua jenis iaitu perekat lateks dan perekat larutan (Sadhan, 2003). Perekat lateks dihasilkan daripada lateks getah asli dengan penambahan agen penstabil, pembasah dan sebagainya. Ia mengandungi kandungan pepejal yang rendah dan tanpa pelarut. Perekat larutan pula dihasilkan daripada pepejal getah yang dilarutkan ke dalam pelarut dan boleh dicampurkan dengan komponen lain seperti antioksidan, pengisi, pemelekat dan sebagainya.

Perekat yang dihasilkan daripada getah asli menunjukkan sifat-sifat fleksibiliti, ketahanan dan rintangan fatig yang tinggi. Struktur semulajadi getah asli yang tidak berpolar menyebabkan ia mempunyai rintangan yang baik terhadap air dan lembapan serta kebolehannya sebagai insulasi elektrik (Miguel & Martin-Martinez, 2005).

Perekat berasaskan getah asli mempunyai kekuatan lekatan yang tinggi. Sifat lekatan semulajadi membolehkan perekat getah asli direkatkan pada pelbagai jenis substrat dan boleh membentuk ikatan pada kebanyakan substrat tidak berpolar seperti plastik dan getah. Selain itu, polimer rangkaian getah asli yang panjang dengan berat molekul yang tinggi memainkan peranan yang penting kepada sifat-sifat rekatan perekat di mana berat molekul yang tinggi dapat meningkatkan kelikatan serta memberikan kekuatan lekatan (Poh & Yong, 2010) dan rintangan ricihan yang baik (Poh & Yong, 2009).

Perekat berasaskan getah asli biasanya digunakan dalam aplikasi untuk merekatkan bahan bukan logam seperti kulit, fabrik, kertas dan produk getah yang lain (Petrie, 2000). Perekat peka tekanan adalah antara produk terpenting dalam aplikasi perekat berasaskan getah asli. Perekat peka tekanan berasaskan getah asli dengan kandungan pemelekat yang tinggi digunakan sebagai pita komersial dan plaster pembedahan.

1.7.1 Getah asli *hevea brasiliensis*

Secara komersial, getah asli diperolehi daripada spesis pokok getah *Hevea brasiliensis* yang mudah didapati di kawasan Asia Tropika yang mempunyai tumpahan hujan 80 in./tahun, suhu 25-35°C dan tanah rata yang rendah (Barlow, 1993). Sejak diperkenalkan di Asia Tropika oleh Sir Henry Wickham pada tahun 1876, penanaman pokok getah telah mencapai 10 juta hektar yang dapat menghasilkan 6.7 juta tan getah asli setahun (Sadhan & White, 2001). Lebih daripada 80% pengeluaran getah asli berasal dari Asia Tenggara meliputi Thailand, Malaysia dan Indonesia (Barlow, 1993).

Getah asli boleh dibahagikan mengikut gred berdasarkan warna dan cara penghasilan getah tersebut. Antara gred getah asli yang digunakan adalah *ribbed smoked sheet*, *pale crepe*, *thin brown crepe* dan *field coagulum crepe*. Namun begitu, sistem penggredan ini mempunyai kekurangan utama iaitu ia hanya berdasarkan aspek visual. Getah yang lebih gelap, mempunyai gred yang lebih rendah kerana anggapan bahawa semakin gelap getah tersebut semakin tinggi bahan kotoran yang terkandung di dalamnya. Pendekatan ini mengabaikan aspek subjektif lain seperti kehadiran bahan karat, gelembung udara dan titik basah. Menyedari masalah ini, Malaysia pada tahun 1960-an telah membangunkan satu sistem penggredan yang lebih sistematik iaitu penggredan berdasarkan kandungan bahan kotoran yang diukur dalam seratus dari 1%. Sebagai contoh, Standard Malaysian Rubber (SMR) 5 yang mengandungi bahan kotoran tidak mencecah 0.05%. Bahan kotoran adalah

baki bendasing yang terkandung di dalam getah tersebut selepas ianya dilarutkan, ditapis pada 45 mikrometer dan dikeringkan. Selain itu, spesifikasi lain juga turut diambil kira dalam sistem penggredan getah Malaysia ini termasuk sumber bahan penggredan, kandungan abu dan nitrogen, bahan mudah meruap, indeks retensi plastik (PRI) dan plastik awal.

Jadual 1.1: Spesifikasi ASTM untuk gred getah asli teknikal. Diambil daripada Barlow (1993)

	Gred getah asli ^a					
	Gred L	Gred CV ^b	Gred 5	Gred 10	Gred 20	Gred 50
Bahan kotor, % max.	0.050	0.050	0.050	0.100	0.200	0.500
Abu, % max.	0.60	0.60	0.60	0.75	1.00	1.50
Bahan mudah meruap, % max.	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Nitrogen, % max.	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Nitrogen, % min.	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Plastik awal, min.	30		30	30	30	30
Indeks retensi plastik, min.	60	60	60	50	40	30
Indeks warna, max.	6.0					
Kelikatan Mooney		60 ± 5				

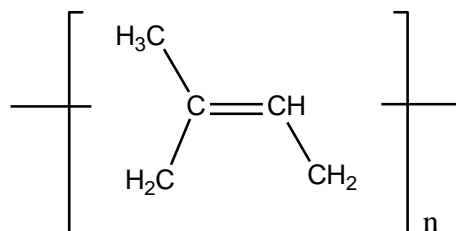
^a Getah skim tidak dibenarkan untuk semua gred, dan gred L, CV dan 5 mesti dihasilkan daripada lateks beku.

^b Kelikatan Mooney lain untuk gred CV adalah: CV-50 ± 5 dan CV-70 ± 5. Apabila CV tanpa terdapat apa-apa akhiran, ia dianggap CV-60 ± 5.

1.7.2 Komposisi kimia getah asli

Getah asli adalah polimer dengan berat molekul yang tinggi. Ia mempunyai struktur kimia cis-1, 4-poliisoprena dan merupakan polimer rantai panjang yang linear dengan ulangan unit isoprenik (C₅H₈). Getah asli mengandungi kandungan hidrokarbon yang tinggi

iaitu 94%. Selain itu, ia juga mengandungi kuantiti kecil protein, lemak, asid lemak, karbohidrat dan bahan mineral. Bahan bukan getah yang terkandung mempengaruhi sifat fizikal dan kimia getah asli.



Rajah 1.4: Struktur kimia getah asli cis-1, 4-poliisoprena

Getah asli terbentuk daripada molekul yang pelbagai saiz. Purata berat molekul getah asli adalah dari 30,000 hingga 10,000,000. Getah asli mengandungi kandungan mikrogel sebanyak 7-30% yang terbentuk oleh paut silang dan ia mempengaruhi kelikatan lebur getah. Getah asli yang disimpan lama mempunyai kandungan gel yang lebih tinggi dan dikenali sebagai makrogel yang meningkatkan kelikatan semasa simpanan. Kehadiran kumpulan kimia reaktif seperti karbonil pada rantai getah menyebabkan pembentukan cabang yang turut mempengaruhi sifat reologi getah asli.

Suhu peralihan kaca bagi getah asli adalah -72°C dan getah asli menjadi kaku pada suhu beku di bawah 0°C . Kadar kristalisasi maksimum getah asli terjadi pada suhu -24°C dan suhu lebur T_m , pula adalah 28°C (White & Sadhan, 2001).

1.7.3 Sifat-sifat getah asli

Getah asli mempunyai sifat-sifat unik yang jarang terdapat pada elastomer lain. Sifat yang paling istimewa dipunyai oleh getah asli berbanding dengan getah sintetik lain adalah kekuatan tensil yang tinggi walaupun tanpa penambahan agen penguat (White & Sadhan,